

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 100 39 170 A 1

⑨ Int. Cl. 7:
B 62 D 5/04

⑪ Aktenzeichen: 100 39 170.2
⑫ Anmeldetag: 10. 8. 2000
⑬ Offenlegungstag: 13. 6. 2001

⑭ Innere Priorität:
299 15 559. 5 03. 09. 1999

⑮ Anmelder:
TRW Fahrwerksysteme GmbH & Co KG, 40547
Düsseldorf, DE

⑯ Vertreter:
Prinz und Kollegen, 81241 München

⑰ Erfinder:
Heitzer, Heinz-Dieter, 52525 Heinsberg, DE

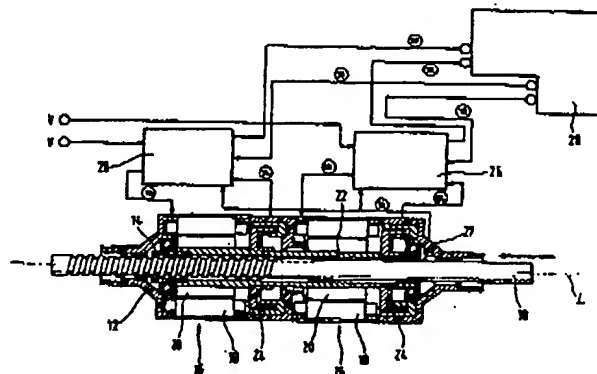
⑱ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 195 08 501 C2
DE 42 41 849 C2
DE 199 12 169 A1
DE 198 34 870 A1
DE 198 33 460 A1
DE 198 04 675 A1
DE 197 50 585 A1
DE 197 14 297 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑲ Lenksystem für ein Fahrzeug

⑳ Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein Fahrzeug,
mit einem Lenkgestänge und zwei Stelleinheiten (16),
welche gemeinsam das Lenkgestänge verstellen können,
wobei jede Stelleinheit eine Steuerelektronik (25), einen
Stellmotor (18) und einen Positionssensor (24) zum Erfas-
sen der Stellung des Stellmotors enthält.



DE 100 39 170 A 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 100 39 170 A 1

Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein Fahrzeug, bei dem keine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad und dem Lenkgestänge des Fahrzeugs besteht.

Solche Lenksysteme sind unter der Bezeichnung "Steer-by-Wire" bekannt. Bei ihnen wird die Lenkbewegung des Lenkrades elektronisch vom Lenkrad zum Lenkgestänge übertragen, indem der vom Fahrer vorgegebene Lenkwinkel-Sollwert "per Draht" zunächst an eine Steuerelektronik übertragen wird; die Steuerelektronik gibt dann "per Draht" einen Stellbefehl an einen Aktuator, der als hydraulischer oder elektrischer Stellmotor ausgeführt sein kann und die Lenkbewegung am Lenkgestänge der Vorderachse erzeugt. Die Steuerelektronik verarbeitet dabei Signale von verschiedenen Sensoren. Die beiden wichtigsten Signale sind der Sollwert für den Lenkwinkel, der vom Fahrer am Lenkrad vorgegeben wird, und der Istwert der Position des Lenkgestänges an den Vorderrädern, der aus der Stellbewegung des Aktuators resultiert. Weitere Signale können beispielsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Fahrzeuggierate sein.

Zusätzlich zu der Funktion, die Lenkbewegung der Vorderräder vorzunehmen, hat ein solches Lenksystem die Aufgabe, dem Fahrer eine haptische, also den Tastsinn der Hände ansprechende Information über den Fahrbahnkontakt der Vorderräder zu vermitteln. Ein Steer-by-Wire-System muß daher nicht nur Lenkbewegungen des Fahrers in Stellbewegungen an den Rädern umsetzen können, sondern auch Rückstellkräfte am Lenkrad erzeugen können, die mit den zwischen Fahrbahn und Vorderrädern übertragenen Seitenführungskräften in einem sinnvollen Zusammenhang stehen. Dazu ist ein weiterer Aktuator erforderlich, der mit dem Lenkrad verbunden ist. Auch dieser Aktuator wird elektronisch angesteuert. Die Funktion dieses Aktuators besteht allerdings nicht darin, eine Stellbewegung auszuführen; dieser Aktuator dient dazu, ein für den Fahrer spürbares Haltemoment am Lenkrad zu erzeugen. Die Steuerelektronik muß dazu Informationen über die Seitenführungskräfte an den Rädern der Vorderachse verarbeiten. Diese Informationen werden entweder von Kraftsensoren bereitgestellt, die im Lenkgestänge angeordnet sind, oder abgeleitet von dem am Aktuator wirkenden Hydraulikdruck oder der anliegenden Stromstärke, um indirekt ein Maß für die Seitenführungskräfte an den Rädern der Vorderachse zu erhalten.

Der Vorteil eines solchen Lenksystems gegenüber einem herkömmlichen, mechanischen Lenksystem besteht insbesondere darin, daß die Lenkübersetzung frei gewählt werden kann, beispielsweise als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit. Auch kann die bereitgestellte Lenkkräftenunterstützung frei programmiert werden. Als Zusatzfunktion kann eine aktive dynamische Lenkwinkelkorrektur vorgesehen sein, die zur Erhöhung der Fahrstabilität dient. Diese Funktion ist vergleichbar mit den sogenannten ESP-Systemen, die eine automatische Bremsbetätigung zur Erhöhung der Fahrstabilität vorsehen. Schließlich kann die Lenkung zur automatischen Spurführung und Kollisionsvermeidung verwendet werden.

Ein wichtiger Gesichtspunkt bei Steer-by-Wire-Systemen ist die Ausfallsicherheit. Einzelne Fehler im System, die nicht mit einer Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden können, dürfen nicht zum Totalausfall des Systems und damit zum Verlust der Lenkbarkeit des Fahrzeugs führen. Um dieser Forderung gerecht zu werden, verwendet man heute bei allen sicherheitsrelevanten aktiven Systemen im Fahrwerksbereich eine auf konventioneller Technik basierende Rückfallebene, die es erlaubt, ein fehlerhaftes aktives System durch Abschalten unschädlich zu machen. Solche Systeme werden daher als ausfallsicher be-

zeichnet. Alternativ könnten Lösungen mit mehrfacher Redundanz vorgesehen werden, bei denen Fehler in den redundanten Teilsystemen selbst kompensiert werden können; solche Systeme werden als fehlertolerant bezeichnet.

Die Erfindung schafft ein Lenksystem, mit dem die oben genannten Funktionen in besonders einfacher Weise verwirklicht werden können, während gleichzeitig alle Sicherheitsanforderungen eingehalten werden. Das erfindungsgemäße Lenksystem enthält ein Lenkgestänge und zwei Stell-einheiten, welche gemeinsam das Lenkgestänge verstellen können, wobei jede Stelleinheit eine Steuerelektronik, einen Stellmotor und einen Positionssensor zum Erfassen der Stellung des Stellmotors enthält. Dieses System ist also teilweise redundant aufgebaut; das Lenkgestänge wird, da es konventionell ausgestaltet ist und rein mechanisch aufgebaut ist, allgemein als ausfallsicher angesehen, so daß hier eine Redundanz nicht erforderlich ist. Dagegen werden die Bauteile, die zum Betätigen des Lenkgestänges erforderlich sind und durch beispielsweise einen Stromausfall ausfallen könnten, redundant ausgeführt, um hier die gewünschte Betriebssicherheit zu gewährleisten, ohne daß eine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad des Fahrzeugs und dem Lenkgestänge besteht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält das Lenkgestänge eine translatorisch verschiebbare Lenkspindel, wobei eine Kugelumlaufmutter vorgesehen ist, die von den Stellmotoren angetrieben wird. Bei dieser Lösung handelt es sich um eine erprobte mechanische Gestaltung, die sehr kompakt ist und daher wenig Bauraum erfordert.

Vorzugsweise weisen die beiden Stellmotoren jeweils einen Rotor auf, dessen Rotationsachse mit der Längsachse der Lenkspindel zusammenfällt. Die Rotoren sind also konzentrisch um die Lenkspindel herum angeordnet; auch dies führt zu einer kompakten Bauform.

Vorzugsweise sind die beiden Rotoren der Stellmotoren auf einer gemeinsamen Antriebsachse angeordnet. Auch dies führt zu einer besonders kompakten Gestaltung.

Vorzugsweise sind die beiden Rotoren separat voneinander gekapselt. Dies gewährleistet, daß ein eventueller Defekt in einem der Stellmotoren, beispielsweise ein Durchbrennen der Wicklungen des Rotors, den anderen Stellmotor nicht in Mitleidenschaft zieht, so daß der verbleibende Motor weiterhin funktionsfähig bleibt.

Weiterhin kann vorgesehen sein, daß die beiden Steuerelektroniken separat voneinander gekapselt sind. Auch dies dient zur Erhöhung der Ausfallsicherheit.

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine Steuereinheit vorgesehen sowie ein Lenkdrehmoment-Sensor, dessen Signal von der Steuereinheit verarbeitet wird, wobei die Steuereinheit das Lenksystem abschaltet, sobald die Differenz zwischen dem aufgrund des Signals für das Lenkdrehmoment bestimmten Soll-drehmomentes der Stellmotoren und dem Ist-drehmoment einen vorbestimmten Wert überschreitet. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß der Wert für das Soll-drehmoment entweder korrekt ist oder gleich Null ist. Somit kann es zu keinen fehlerhaften Lenk-betätigungen kommen.

Es kann vorgesehen sein, daß jeder der beiden Stellmotoren so dimensioniert ist, daß das von ihm maximal erzeugbare Drehmoment nicht ausreicht, um das Lenkgestänge im Stillstand des Fahrzeugs zu bewegen. Dies berücksichtigt die Erkenntnis, daß die zum Verschwenken der Räder des Fahrzeugs während der Fahrt erforderliche Kraft im Lenkgestänge nur etwa 30% derjenigen Kraft beträgt, die zum Verschwenken der Räder während des Stillstandes des Fahrzeugs erforderlich ist. Wenn es während des Stillstandes des Fahrzeugs zu einem Ausfall von einem der beiden Stellmo-

toren kommt, ist es nicht erforderlich, daß der verbleibende Stellmotor eine Lenkbewegung durchführt, da das ganze System im Stillstand des Fahrzeugs gefahrlos abgeschaltet werden kann. Wenn dagegen einer der beiden Stellmotoren ausfällt, während das Fahrzeug in Bewegung ist, sind vergleichsweise geringe Kräfte ausreichend, um die Steuerbarkeit des Fahrzeugs zu gewährleisten, bis es sicher zum Stillstand gekommen ist. Anschließend kann das System abgeschaltet werden.

Zur Erfassung der Stellung des Lenkgestänges kann ein Schalter vorgesehen sein, der eine bestimmte Stellung des Lenkgestänges erfaßt. Auf diese Weise kann der Steuereinheit zu einem bestimmten Zeitpunkt die absolute Stellung des Lenkgestänges übermittelt werden. Daran anschließend wird die jeweilige tatsächliche Stellung dadurch ermittelt, daß über den Positionssensor des Stellmotors und die von diesem gelieferten Impulse errechnet wird, welchen Weg das Lenkgestänge seit dem letztmaligen Erfassen der bestimmten Stellung zurückgelegt hat. Alternativ kann auch ein Positionssensor vorgesehen sein, der die Absolutstellung des Lenkgestänges zu jedem Zeitpunkt übermittelt.

Um der Steuereinheit Informationen über die tatsächlich an den Rädern wirkende Seitenführungskraft bereitzustellen, kann ein Kraftsensor am Lenkgestänge angeordnet werden. Alternativ kann ein Sensor für den Strom, der den Stellmotoren zugeführt wird, vorgesehen sein, so daß aus dem fließenden Strom und dem sich daraus ergebenden Drehmoment auf die wirkenden Kräfte im Lenkgestänge rückgeschlossen werden kann. Es ist auch denkbar, die wirkenden Seitenführungskräfte in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Lenkwinkel und/oder der Fahrzeuggießrate zu berechnen, wenn entsprechende Sensoren vorgesehen sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben, die in der einzigen Zeichnung dargestellt ist. In dieser ist schematisch ein erfindungsgemäßes Lenksystem gezeigt.

Das Lenksystem enthält eine Lenkspindel 10, die eine Längsachse L aufweist und in einem Gehäuse 12 translatorisch verschiebbar ist. Mit der Lenkspindel 10 ist ein (nicht dargestelltes) Lenkgestänge verbunden, das zu den lenkbaren Rädern eines Fahrzeugs führt.

Die translatorische Bewegung der Lenkspindel 10 im Gehäuse 12 wird erzielt mittels einer Kugelumlaufmutter 14, die von zwei im Inneren des Gehäuses 12 hintereinander angeordneten Stelleinheiten 16 angetrieben werden kann. Jede Stelleinheit 16 enthält einen Stellmotor 18, mit einem Rotor 20. Die Rotoren 20 der Stellmotoren 18 sind auf einer gemeinsamen Antriebsachse 22 angeordnet, die mit der Kugelumlaufmutter 14 drehfest verbunden ist. Die Antriebsachse 22 zusammen mit den Rotoren 20 ist konzentrisch zur Lenkspindel 10 angeordnet.

Jede Stelleinheit 16 enthält außerdem einen Positionssensor 24, der die Rotationsstellung des entsprechenden Rotors 20 erfassen kann. Der Stellmotor 18 und der Sensor 24 jeder Stelleinheit sind gekapselt, so daß ein Defekt in einem der Stellmotoren den anderen nicht in seiner Funktion beeinträchtigen kann. Jede Stelleinheit 16 weist außerdem eine Steuerelektronik 26 auf, die zur Ansteuerung des entsprechenden Stellmotors 18 dient. Zu diesem Zweck wird jeder Steuerelektronik 26 eine Versorgungsspannung V bereitgestellt, so daß jeder Motor mit dem erforderlichen Strom versorgt werden kann.

Im Inneren des Gehäuses 12 ist ferner ein Positionssensor 27 angeordnet, der eine bestimmte Stellung der Lenkspindel 10 erfassen kann, beispielsweise die Mittelstellung. Die

Steuerelektronik 26 ist in der Lage, ausgehend von dem vom Positionssensor 27 bereitgestellten Signal in Verbindung mit dem vom entsprechenden Positionssensor 24 bereitgestellten Signal die jeweils aktuelle Position der Lenkspindel 10 zu bestimmen.

Die Ansteuerung des entsprechenden Stellmotors erfolgt in Abhängigkeit von Informationen, die der Steuerelektronik 26 zur Verfügung gestellt werden. Beispielsweise empfängt jede Steuerelektronik ein Signal vom Positionssensor 24, welches die Rotationsstellung des Rotors des Stellmotors angibt. Weiterhin empfängt die Steuerelektronik 26 ein Signal von einer Steuereinheit 28, das die Sollposition der Lenkspindel 10 angibt. Dieser Sollwert wird von der Steuereinheit 28 in Abhängigkeit von externen Parametern ermittelt, beispielsweise in Abhängigkeit von einem Lenkwinkel-Sollwert, der von einem Lenkwinkelsensor bereitgestellt wird. Dies ist jedoch an sich bekannt, so daß an dieser Stelle hierauf nicht ausführlich eingegangen wird.

Die Steuereinheit 28 empfängt wiederum Signale, welche die in der Lenkspindel 10 wirkende Kraft darstellen und somit Rückschlüsse auf die an den lenkbaren Fahrzeugrädern wirkende Seitenführungskraft zulassen. Bei der gezeigten Ausführungsform wird diese Information erhalten auf der Basis des den Stellmotoren 18 zugeführten Stromes; dieser Strom und das daraufhin vom Motor bereitgestellte Drehmoment steht in einem bestimmten Verhältnis zu der auf die Lenkspindel 10 einwirkenden Kraft.

Im Gegensatz zu fehlertoleranten Systemen, bei denen üblicherweise eine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad und der Lenkspindel vorgesehen ist, die eine Rückfallebene für den Fall eines Versagens von Bauteilen des Lenksystems bildet, ist das vorliegende Lenksystem redundant ausgeführt. Sollte einer der Stellmotoren ausfallen, ist der andere Stellmotor weiterhin in der Lage, die Lenkbarkeit der Fahrzeuge zu gewährleisten, solange dieses sich in Fahrt befindet. Sollte einer der Positionssensoren 24 ausfallen, ist der verbleibende Sensor in der Lage, die erforderlichen Informationen bereitzustellen.

Patentansprüche

1. Lenksystem für ein Fahrzeug, mit einem Lenkgestänge und zwei Stelleinheiten (16), welche gemeinsam das Lenkgestänge verstellen können, wobei jede Stelleinheit eine Steuerelektronik (26), einen Stellmotor (18) und einen Positionssensor (24) zum Erfassen der Stellung des Stellmotors enthält.
2. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Lenkgestänge eine translatorisch verschiebbare Lenkspindel (10) enthält und daß eine Kugelumlaufmutter (14) vorgesehen ist, die von den Stellmotoren angetrieben wird.
3. Lenksystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Stellmotoren jeweils einen Rotor (20) aufweisen, dessen Rotationsachse mit der Längsachse der Lenkspindel (10) zusammenfällt.
4. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Rotoren (20) der Stellmotoren auf einer gemeinsamen Antriebsachse (22) angeordnet sind.
5. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Rotoren (20) separat voneinander gekapselt sind.
6. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Steuerelektroniken (26) separat voneinander gekapselt sind.
7. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuerein-

heit (28) vorgesehen ist sowie ein Lenkdrehmoment-Sensor, dessen Signal von der Steuereinheit verarbeitet wird, wobei die Steuereinheit das Lenksystem abschaltet, sobald die Differenz zwischen dem aufgrund des Signals für das Lenkdrehmoment bestimmten Soll-drehmomentes der Stellmotoren und dem Ist-drehmoment einen vorbestimmten Wert überschreitet. 5

8. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der beiden Stellmotoren (18) so dimensioniert ist, daß das von ihm maximal erzeugbare Drehmoment nicht ausreicht, um das Lenkgestänge im Stillstand des Fahrzeugs zu bewegen. 10

9. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schalter (27) vorgesehen ist, um eine bestimmte Stellung des Lenkgestänges zu erfassen. 15

10. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Positionssensor zum Erfassen der Stellung des Lenkgestänges vorgesehen ist. 20

11. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kraftsensor am Lenkgestänge angeordnet ist.

12. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor für den Strom vorgesehen ist, der den Stellmotoren zugeführt wird. 25

13. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor für die Fahrgeschwindigkeit, den Lenkwinkel und/oder die Fahrzeuggierrate vorgesehen ist. 30

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

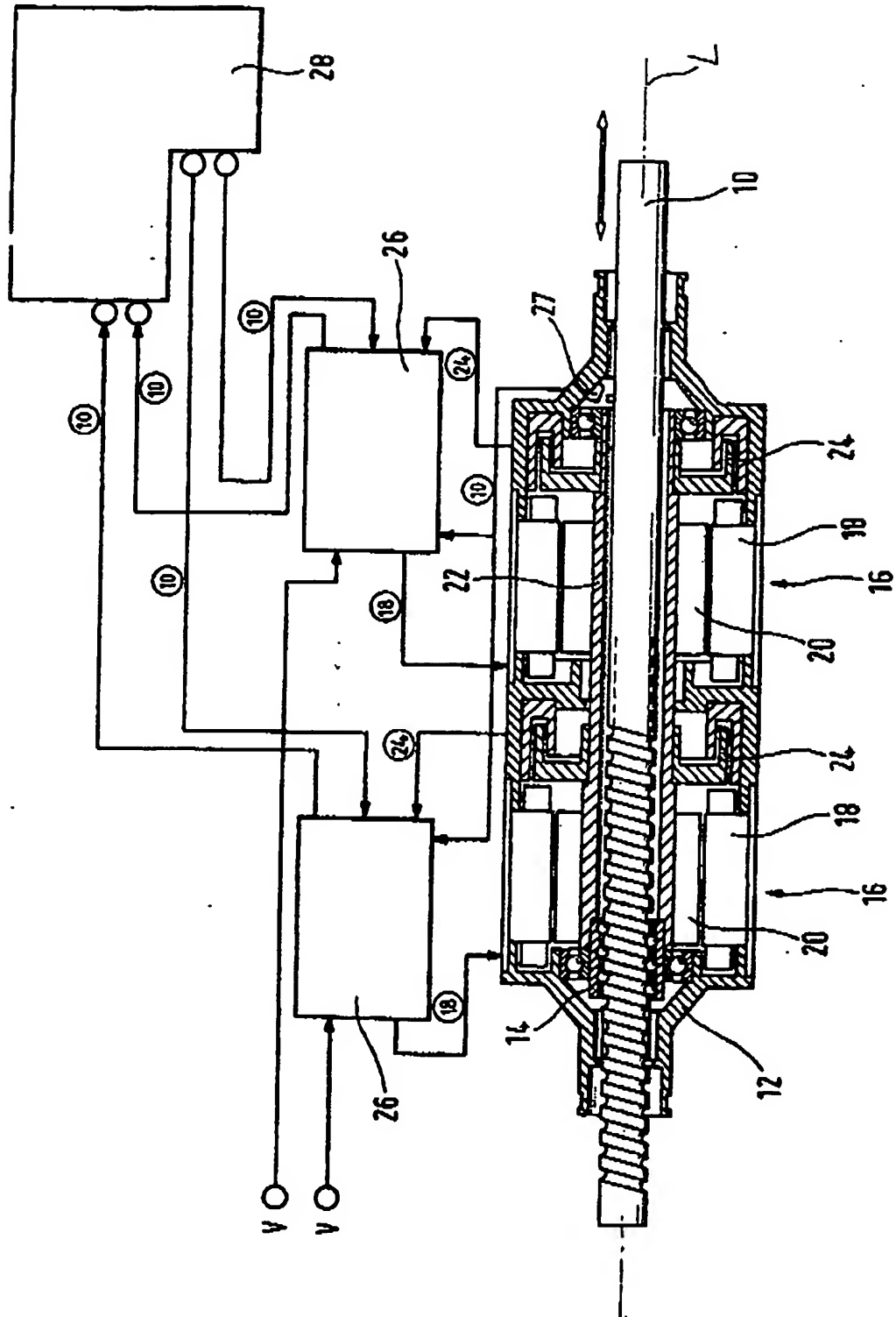
- Leerseite -

2004年11月18 15時34分

豊田工機(株) 技研2号塔3F

NO.0301 P. 9

BNSDOCID: <OE_____10039170A1_L>



102 024/68

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.